

ABSORPTION DU CRISTALLIN DE *RANA ESCULENTA*
ET D'ANGUILLA VULGARIS.

Par E. J. DENTON.

Méthode. — Les cristallins d'*Anguilla vulgaris* et de *Rana esculenta* n'ont que quelques mm. de diamètre et leurs distances focales sont du même ordre. Les méthodes utilisées avec des cristallins plus grands sont difficilement utilisables pour ces petits cristallins. Il a fallu trouver une autre méthode.

L'appareil est un spectromètre à optique de quartz. La fente d'entrée de 0,2 mm. de largeur est faite avec deux lames de rasoir de façon à donner une surface plate. On a fait des trous d'un cm. de diamètre dans quelques feuilles de caoutchouc destinées à être posées sur une lamelle de quartz ; elles forment ainsi une cuvette d'une profondeur variable suivant le nombre et les épaisseurs de caoutchouc choisies.

L'animal tué, un cristallin disséqué immédiatement est placé dans une de ces cuvettes. La profondeur est réglée pour être un peu moindre que celle du cristallin. La cuvette est remplie d'une solution de Ringer et fermée par une lamelle couvre-objet en verre.

Cet ensemble est posé contre la fente d'entrée, la lamelle couvre-objet contre la fente (voir fig. 1) et maintenue en place avec de la pâte à modeler (pour faciliter la mise en place on peut enlever la fenêtre du spectromètre). Le cristallin, légèrement aplati, se trouve alors dans un milieu physiologique et n'est séparé de la fente que par l'épaisseur de la lamelle couvre-objet (0,18 mm.). Il est placé de façon à couvrir à peu près la moitié de la fente d'entrée. Le spectre formé sur la plaque photographique est donc divisé en deux parties ; l'une formée par la lumière qui passe à travers le cristallin et l'autre par la lumière qui passe à travers une solution de Ringer de même épaisseur.

La lumière vient d'une surface de papier blanc placée obliquement devant la fente d'entrée. Le papier qui est éclairé par une lampe à mercure, agit pour le spectromètre comme une source de lumière très étendue et presque uniforme (fig. 2).

La pose peut être réglée, soit en mettant des diaphragmes dans le système optique du spectromètre, soit en changeant le temps de pose. En déplaçant la plaque photographique on peut prendre 8 spectres de poses différentes sur la même plaque. Les mesures

sur les plaques sont faites avec un microphotomètre de la maison Kipp et Zonen.

Analyse de la Méthode. — Supposons une source de lumière plane uniforme SS (fig. 3) infiniment étendue et parfaitement diffusante. Le flux quittant un plan XX (dans notre expérience la fente d'entrée est effectivement dans un tel plan) parallèle à cette source est exactement le même que celui qui quitte la source elle-même. Si on met

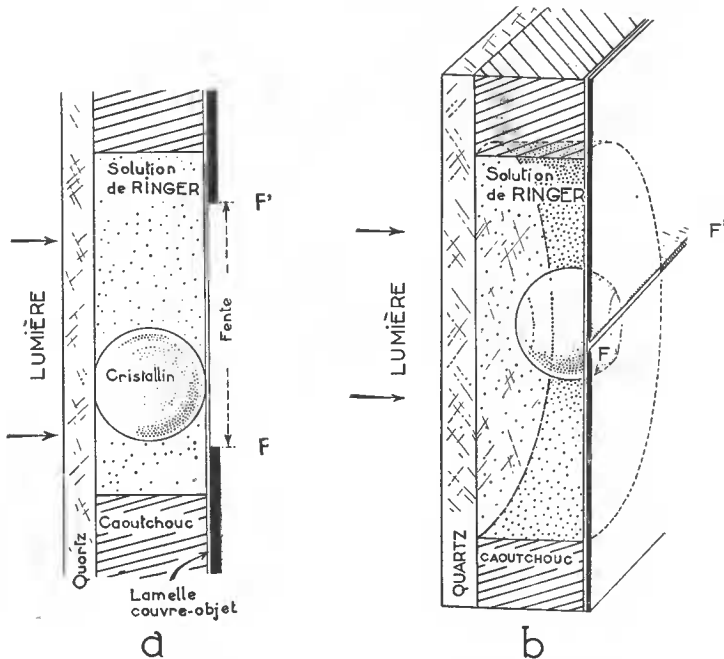


FIG. 1. — Le cristallin sphérique de l'anguille en place devant la fente d'entrée du spectromètre : a) Coupe verticale ; b) Coupe perspective perpendiculaire à la fente.

un objet réfringent, mais non absorbant, entre ces deux plans (SS et XX) la distribution du flux quittant XX reste la même. Sinon la répartition de la lumière dans le plan XX ne serait plus uniforme et on obtiendrait des points où le flux serait plus grand que celui de la source elle-même. On peut montrer que cela est incompatible avec la seconde loi de thermodynamique.

Dans le cas de notre expérience la source n'est pas infiniment étendue mais on ne s'occupe que des rayons de lumière contenus dans l'angle d'ouverture du spectromètre et l'approximation est certainement assez bonne pour la majeure partie du diamètre du cristallin.

La méthode est très simple à appliquer et on obtient côte à côte le spectre de la lumière qui a traversé le cristallin et le spectre de comparaison dont la lumière a traversé une égale épaisseur de solution de Ringer (voir fig. P1, P2, P3).

Cette méthode donne une idée de l'absorption du cristallin non seulement pour un trajet à travers la région centrale du cristallin

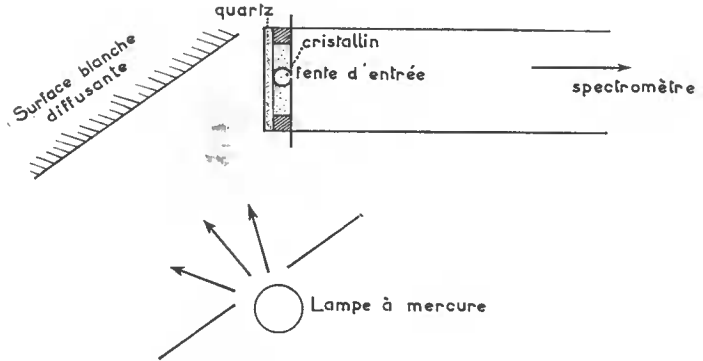


Fig. 2. — L'éclairage du spectromètre. Le cristallin se trouve devant la fente d'entrée. (Sur la figure, la lampe à mercure a été rapprochée de la surface diffusante).

mais aussi pour ses parties périphériques. Cela est important car les résultats donnés ci-dessous pour le cristallin de la grenouille montrent qu'on ne peut pas prévoir l'absorption de la périphérie d'un cristallin si on ne connaît que ses dimensions et l'absorption à travers son centre.

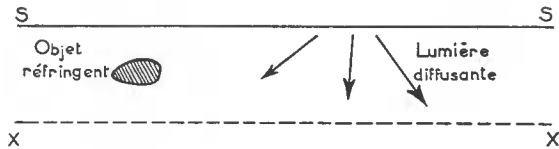


Fig. 3

Fig. 3. — Absorption du cristallin de *Rana esculenta* et d'*Anguilla vulgaris*.

Avec cette méthode on a un peu d'incertitude pour la mesure de l'épaisseur de cristallin traversée par la lumière. La lumière quittant le cristallin et entrant dans l'angle d'ouverture du spectromètre est presque perpendiculaire au plan de la fente d'entrée, c'est-à-dire dans la direction OO' (fig. 4). On peut voir que la lumière qui émerge en un point P du cristallin dans la direction PR parcourt toujours un trajet PM plus long que le trajet PN qu'elle

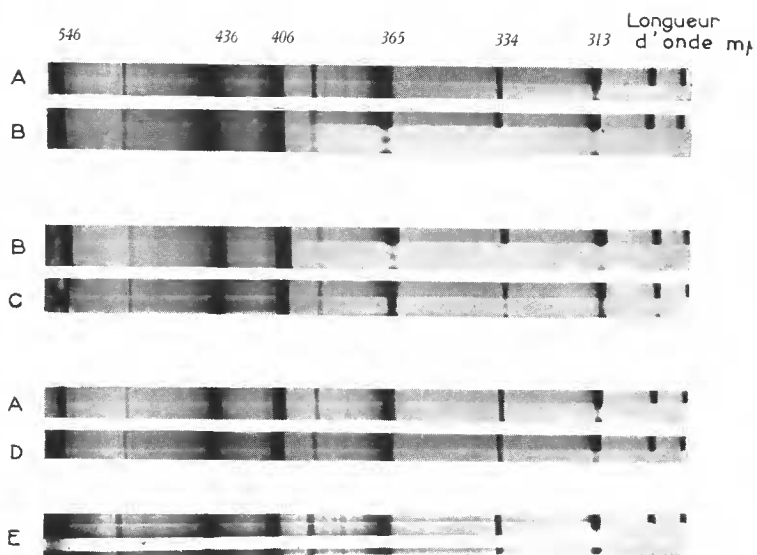


FIG. P 1. Spectres de transmission des cristallins.

A côté de chaque spectre de la lumière qui a passé à travers le cristallin se trouve un spectre de comparaison.

A — *Anguilla vulgaris*; B — *Rana esculenta*; C — *Rana esculenta* — partie centrale du cristallin; D — *Anguilla vulgaris* — noyau du cristallin; E — *Anguilla vulgaris* — une partie de la surface du cristallin contre la fente peinte en noir.

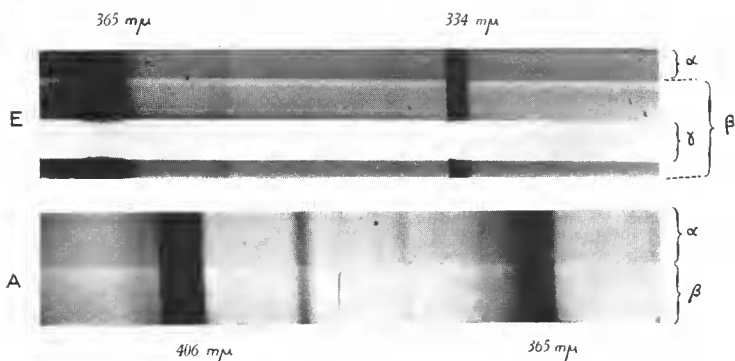


FIG. P 2. — Parties des spectres A et E de la fig. P 1 litées plus grandes. α , spectre de comparaison; β , spectre de transmission à travers le cristallin; γ , image de tache noire sur la surface du cristallin.



FIG. P 3. — Partie du spectre B de la fig. P 1. α , spectre de comparaison; β , spectre de transmission à travers le cristallin.

suivrait si le cristallin avait le même indice de réfraction que le milieu qui le baigne. [Le cristallin étant constitué par des couches d'indice différent, le trajet PM est en réalité courbe et par conséquent encore plus long que celui qui est représenté sur la figure 4]. Si par exemple la lumière suit le trajet indiqué dans la fig. 4, la lumière quittant le cristallin parallèlement à l'axe OO' et à une distance de cet axe égale à $0,7 r$ (r était le rayon du cristallin) a traversé une épaisseur de $1,6 r$ au lieu de $1,4 r$. En tous cas l'effet est très peu important près de l'axe où on a fait les mesures précises.

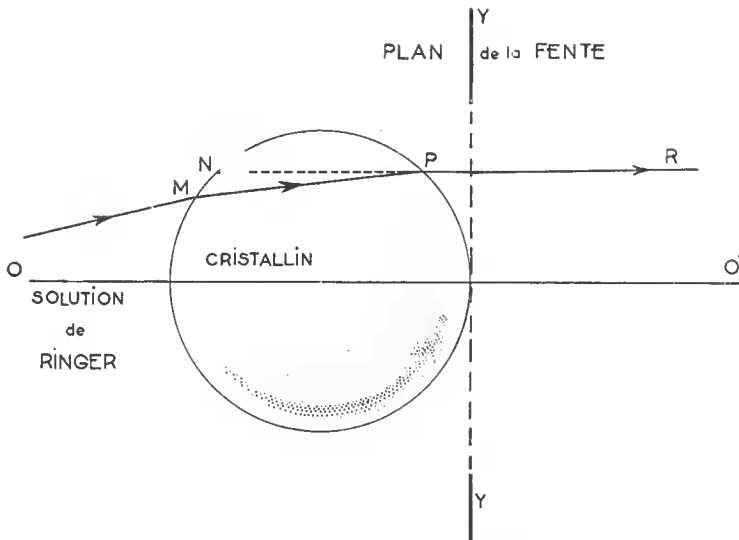


FIG. 4. — Trajet de la lumière à travers le cristallin de l'anguille. En vérité le trajet PM dans le cristallin est probablement plus long parce que courbe.

Résultats : chez Anguilla vulgaris. — Les mesures étaient faites sur les cristallins de 3 anguilles argentées. Un exemplaire des photographies des spectres utilisés pour ces mesures est montré (fig. P1 et P2). On peut voir que le cristallin est très transparent pour les longueurs d'onde supérieures à $365 \text{ m}\mu$ et que l'absorption qui s'accroît très lentement entre $365 \text{ m}\mu$ et $313 \text{ m}\mu$, augmente ensuite si vite qu'un côté de la raie $313 \text{ m}\mu$ est beaucoup plus absorbé que l'autre. Ces photographies montrent que la lumière qui traverse les parties périphériques du cristallin dont l'épaisseur est moindre est moins fortement absorbée. D'autres photographies faites avec le noyau du cristallin tout seul montrent que ses propriétés d'absorption sont sensiblement les mêmes que celles du cristallin entier (voir fig. P1, P2).

Ce sont les résultats auxquels on pouvait s'attendre en admettant que les différentes parties qui constituent le cristallin ont les mêmes propriétés au point de vue absorption. Mais en fait le cristallin de l'Anguille présente une structure très hétérogène avec un noyau très dur d'un indice de réfraction très élevé entouré d'une écorce molle.

La figure 5 montre les courbes d'absorption des 3 cristallins d'anguille. Ces mesures d'absorption correspondent au centre du cristallin.

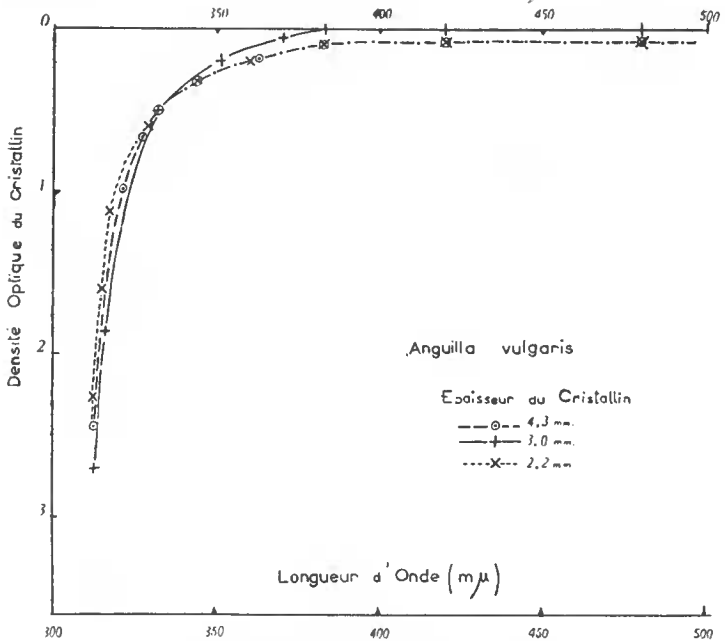


FIG. 5. — Courbes d'absorption des cristallins d'*Anguilla vulgaris*.

Chez *Rana esculenta*. — Les mesures étaient faites sur les cristallins de 3 *Rana esculenta*. Des exemplaires de photographies utilisés pour ces mesures sont montrés sur les fig. P1 et P3.

On peut voir que tout le cristallin est peu absorbant pour les longueurs d'onde supérieures à 400 m μ et absorbe très fortement le proche ultraviolet de longueur d'onde inférieure à 313 m μ . Entre ces deux longueurs d'onde il y a un résultat imprévu : c'est que l'absorption à travers le centre du cristallin est beaucoup moins forte qu'à travers les parties périphériques où cependant le trajet de la lumière dans le cristallin est plus court (voir la raie 365 m μ sur la

fig. P3). Le cristallin de *Rana esculenta*, qui paraît de structure assez uniforme, montre donc de grandes différences au point de vue de l'absorption entre ses parties extérieures et ses parties centrales. Des photographies faites seulement avec une partie centrale du cristallin montrent que celle-ci est plus transparente au proche ultraviolet que la partie extérieure.

La fig. 6 montre les courbes d'absorption des 3 cristallins de *Rana esculenta*. Ces mesures d'absorption correspondent au centre du cristallin.

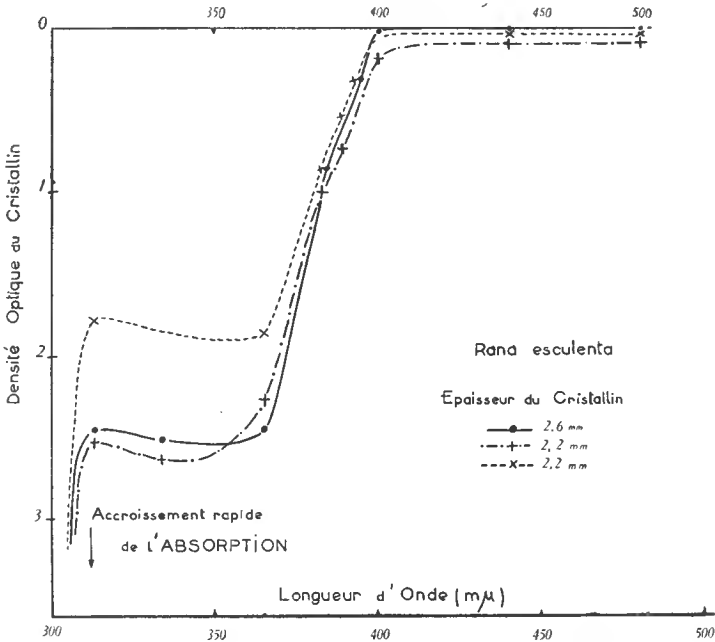


FIG. 6. — Courbes d'absorption des cristallins de *Rana esculenta*.

Expériences de Contrôle. — On aurait pu craindre que par suite de réflexion successive entre le cristallin et la lamelle couvre-objet, des rayons parasites n'ayant pas traversé le cristallin viennent se superposer sur le spectre correspondant au cristallin.

Pour s'assurer qu'il n'en est pas ainsi, on a fait l'expérience suivante : un cristallin a été enduit de peinture noire sur une partie d'une de ses faces et cette face a été mise contre la fente (voir fig. 7).

Les spectres obtenus dans ces conditions (voir fig. P1, P2) montrent que pour aucune longueur d'onde il n'y a chevauchement de la lumière autour de cette tache noire. L'image donnée de la fente

sur la photographie est très nette, la distribution verticale (c'est-à-dire perpendiculaire à la dispersion de la lumière) sur l'image correspond donc bien à la répartition de la lumière sortant de la surface postérieure (contre la fente) du cristallin.

Discussion. — On a déjà discuté ailleurs (DENTON E. J. 1955) le fait que les grandes différences d'absorption des cristallins peuvent être des adaptations de la vision aux mœurs.

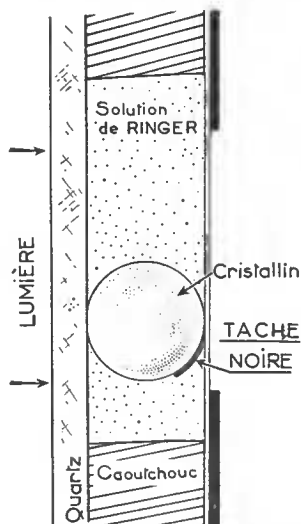


FIG. 7. — Une tache noire sur un cristallin semblable à celle utilisée pour l'expérience de contrôle (voir fig. 1 et P2 E).

Chez *Rana esculenta*. — La partie centrale du cristallin, c'est-à-dire la partie la plus vieille, est aussi la plus transparente. C'est le contraire de ce qu'on trouve pour le cristallin humain (СКОП Y. 1923), (KÖHLER A. et TOBGY A. F. 1928). Il faut supposer que le cristallin du têtard est, comme celui de *Anguilla vulgaris*, très transparent au proche ultraviolet et que les couches externes du cristallin qui s'ajoutent plus tard sont plus absorbantes.

Chez *Anguilla vulgaris*. — Par sa structure le cristallin d'*Anguilla vulgaris* est très proche de celui d'un autre poisson : *Chlorophthalmus Agassizii* ; il a un noyau très dur presque pierreux et une écorce molle. Malgré ces ressemblances morphologiques et mécanique, *Chlorophthalmus Agassizii* possède un cristallin dont le noyau et l'écorce sont tous deux très absorbants pour toute longueur d'onde inférieure à 440 μ , tandis que chez *Anguilla vulgaris*, le noyau et l'écorce sont tous deux transparents jusqu'aux environs de 310 μ .

Il semble donc probable que les différences d'absorption viennent surtout des substances renfermées dans la structure protéique plutôt que de cette structure elle-même.

Sommaire. — On donne une méthode pour mesurer le spectre d'absorption de petits cristallins. Cette méthode fournit en même temps des mesures d'absorption correspondant aux différentes zones du cristallin.

Le cristallin d'*Anguilla vulgaris* est très transparent pour le proche ultraviolet de longueur d'onde supérieure à 313 $m\mu$. La limite de transparence est très nette et change peu avec les différences d'épaisseur du cristallin qu'on trouve chez les anguilles argentées. S'il y a une différence d'absorption des constituants entre le noyau et l'écorce du cristallin, elle est très petite bien que ces deux parties soient de structure très différentes.

Le cristallin de *Rana esculenta* qui paraît d'une structure assez uniforme montre des différences d'absorption entre ses parties périphérique et centrale.

Pour les longueurs d'onde supérieures à 400 $m\mu$ les deux parties transmettent presque toute la lumière ; pour les longueurs d'onde inférieures à 313 $m\mu$, elles transmettent moins que 1/1000 de la lumière ; entre ces deux longueurs d'onde on a montré une hétérogénéité du cristallin qui vient du fait que les parties centrales qui sont plus vieilles sont plus transparentes à ces longueurs d'onde que les parties périphériques.

Je tiens à remercier l'Université d'Aberden et le Carnegie Trust pour les Universités d'Écosse qui m'ont donné la possibilité de venir en France et de poursuivre mes recherches au Laboratoire du Professeur Yves LE GRAND à qui j'exprime toute ma reconnaissance pour son aimable hospitalité et l'intérêt qu'il a bien voulu prendre à mon travail. Je remercie également M^{lle} Jacqueline LENOBLE qui m'a beaucoup aidé.

BIBLIOGRAPHIE

- ARRUGA (A.). — *Bull. Soc. Ophtal. France*, pp. 727-734. 1952.
DENTON (E. J.). — Recherches sur l'absorption de la lumière par le cristallin des poissons. *Bull. Musée Océanogr. Monaco* (pas encore publié).
KÖHLER (A.) et TOBGY (A. F.). — *Arch. Augenheilk.*, **99** (1928), 263-280.
NORDMANN (Jean). — *Biologie du cristallin*. Masson et C^{ie}, Paris. 1954.
SHOJI (Y.). — *Ann. Ocul.*, **160** (1923), 356-379.